

**OPTIMASI PROSES EKSTRAKSI BERBANTU ULTRASONIK PADA
PEMBUATAN OLEORESIN KULIT MANGGA KUWENI
MENGUNAKAN METODE RESPON PERMUKAAN**

**OPTIMIZATION OF ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF
OLEORESIN FROM KUWENI MANGO'S PEEL
USING RESPONSE SURFACE METHOD**

Asri Widyasanti^{1*}, Dannisa Fathiya Rachma¹, dan Selly Harnesa Putri²

¹ Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian,
Universitas Padjadjaran Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor 45363, Indonesia

² Departemen Teknik Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran Jl.
Raya Bandung Sumedang Km 21, Jatinangor 45363, Indonesia

*Email korespondensi: asri.widyasanti@unpad.ac.id

Diterima 23-05-2023, diperbaiki 22-01-2025, disetujui 06-05-2025

ABSTRACT

Kuweni mango peels are one of the by-products of mango fruit processing. Mango peel is usually thrown away and rarely used further, although several previous studies revealed that the peels still contain dietary fiber, pectin, tannins, polyphenols, and other bioactive compounds. Kuweni mango skin has the potential to be developed into derivative products. The distinctive aroma of Kuweni mangoes on the surface of the skin can be extracted into oleoresin. Oleoresin is a substance consisting of a mixture of essential oil and resin components. Efforts to separate the oleoresin content from Kuweni mango skin can be done by extraction. The application of ultrasonic waves has advantages over simple extraction because this technology can intensify the process, produce higher extraction yields, and is able to isolate bioactive compounds selectively and efficiently. This study aims to determine the process conditions related to the amount of solvent and extraction time using ultrasound-assisted extraction (UAE) with n-hexane and 96% ethanol solvent to obtain the optimum yield of Kuweni mango skin oleoresin. The research method used was laboratory experimental research, which was analysed using the surface response optimization method with the Central Composite Design (CCD) type in the Design Expert 11 application. The results showed that the optimum treatment in the UAE process using n-hexane solvent was in the combination of the amount of solvent as much as 340.703 ml and the length of extraction time of 36.52 minutes with a yield value of 21.31%. The relationship between the two variables above to the yield as the extraction response forms a quadratic mathematical equation model. While the optimum treatment in the UAE process using 96% ethanol solvent has a treatment combination of 400ml of solvent and 40 minutes of extraction time with a yield result of 36.47%, and the extraction response relationship forms a linear mathematical equation.

Keywords: *kuweni mango's peel, oleoresin, response surface methodology (RSM), ultrasound-assisted extraction (UAE)*

ABSTRAK

Kulit mangga Kuweni merupakan salah satu limbah dari pengolahan buah mangga, kulit mangga biasanya dibuang dan jarang dimanfaatkan lebih lanjut meski beberapa studi terdahulu

mengungkapkan dalam kulit masih mengandung serat pangan, pectin, tannin, polifenol, dan senyawa bioaktif lainnya. Kulit mangga Kuweni berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk turunan. Aroma khas mangga Kuweni di dalam permukaan kulit, dapat diekstraksi menjadi oleoresin. Oleoresin merupakan zat yang terdiri dari campuran komponen minyak atsiri dan resin. Upaya untuk memisahkan kandungan oleoresin dari kulit mangga Kuweni dapat dilakukan dengan ekstraksi. Penerapan gelombang ultrasonik memiliki kelebihan dibanding ekstraksi sederhana karena teknologi ini dapat mengintensifkan proses, menghasilkan hasil ekstraksi yang lebih tinggi dan mampu mengisolasi senyawa bioaktif dengan selektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi proses terkait jumlah pelarut dan lama ekstraksi menggunakan ultrasound assisted extraction (UAE) dengan pelarut n-heksana dan etanol 96%, untuk memperoleh rendemen oleoresin kulit mangga Kuweni yang optimum. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen laboratorium yang dianalisis dengan menggunakan metode optimasi respon permukaan dengan tipe Central Composite Design (CCD) pada aplikasi Design Expert 11. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan optimum pada proses UAE menggunakan pelarut n-heksana berada pada kombinasi jumlah pelarut sebanyak 340,703 ml dan lama waktu ekstraksi 36,52 menit dengan nilai rendemen sebesar 21,31%. Hubungan antara dua variabel diatas terhadap rendemen sebagai respon ekstraksi membentuk model persamaan matematika yang kuadratik. Sedangkan perlakuan optimum pada proses UAE menggunakan pelarut etanol 96% memiliki kombinasi perlakuan jumlah pelarut 400ml dan lama waktu ekstraksi 40 menit dengan hasil rendemen sebesar 36,47%, serta hubungan respon ekstraksi membentuk persamaan matematika yang linear.

Kata kunci: kulit mangga Kuweni, oleoresin, response surface methodology (RSM), ultrasound assisted extraction (UAE).

PENDAHULUAN

Mangga Kuweni (*Mangifera odorata* Griff) merupakan spesies dari genus *Mangifera* dengan ciri khas aroma buah yang masak, sehingga mudah untuk membedakan Kuweni dengan mangga lain berdasarkan aroma dan fisiknya (Pracaya, 1991). Aroma khas yang berasal dari buah dan kulit mangga Kuweni menjadi daya tarik bagi konsumen terhadap buah mangga Kuweni.

Produk samping hasil dari pengolahan buah-buahan seringkali menjadi masalah akibat biaya transportasi yang tinggi dan kapasitas pembuangan akhir yang terbatas. Salah satu produk samping yang sering ditemui dan tidak memiliki nilai komersial ialah kulit buah, yang umumnya dibuang begitu saja. Begitu pula dengan buah mangga yang kulitnya belum dimanfaatkan.

Diduga terdapat kandungan oleoresin pada kulit mangga Kuweni yang dapat dimanfaatkan. Senyawa aromatik yang terkandung dalam bahan pangan mentah seperti sistein sulfoksida yang

tersubstitusi, tioglikosida, glikosida, karotenoid dan turunan asam sinamat merupakan zat volatil bebas maupun prekursor non-volatil yang membentuk aroma pada kulit mangga (Solís-Solís et al., 2007). Zat aromatik pada mangga Kuweni tersebut memiliki aroma yang unik dan berbeda dengan varietas mangga lainnya. Oleh karena itu, upaya pemanfaatan limbah kulit mangga Kuweni sebagai sumber oleoresin menjadi relevan dan signifikan.

Menurut (Chen & Huang, 2016) oleoresin merupakan cairan pekat yang berasal dari tumbuhan yang didalamnya terdapat kandungan minyak atsiri (volatil) dan resin (tidak volatil). Oleoresin pada bahan mentah dapat diperoleh dengan proses ekstraksi menggunakan pelarut diikuti dengan penghilangan pelarut pada akhir proses. Oleoresin umumnya digunakan sebagai bahan campuran untuk meningkatkan warna dan cita rasa produk dalam industri pangan. Selain itu, beberapa oleoresin juga sebagai pengganti pewarna sintetis pada industri kosmetik. Terdapat senyawa bioaktif dalam oleoresin

seperti terpenoid, flavonoid, karotenoid, dan fenolik yang berkontribusi pada aroma, rasa, dan warna khas. Komponen karotenoid, seperti beta-karoten atau likopen, adalah senyawa yang biasanya bertanggung jawab atas sifat pewarnaan pada oleoresin. Meskipun oleoresin mengandung zat pewarna alami, pewarna tersebut sebenarnya merupakan salah satu komponen dalam campuran kompleks oleoresin. Oleh karena itu, jika tujuannya adalah untuk mendapatkan pewarna alami, langkah yang lebih efektif adalah memisahkan atau mengekstraksi zat warna tersebut secara spesifik. Keunggulan dari oleoresin sendiri adalah ekonomis, stabil saat dipanaskan, tidak terkontaminasi, dan umur simpan yang lama (Kumar et al., 2011). Hal ini menjelaskan bahwa oleoresin memiliki banyak keuntungan bagi industri, khususnya industri makanan.

Kandungan oleoresin pada kulit mangga Kuweni diduga memiliki kandungan yang sama pentingnya seperti kandungan pada kulit mangga lainnya, penelitian yang dilakukan oleh (M. R. Masoud & El-Hadidy, 2017) menunjukkan bahwa terdapat kandungan dominan pada oleoresin kulit mangga yaitu *α -pinene*, *terpinolene*, *myrcene* dan *β -pinene*. Sedangkan pada kulit mangga (*Mangifera indica* L. cv. 'Tommy Atkins') ditemukan 18 galotanin dan lima turunan benzofenon yang untuk sementara diidentifikasi sebagai maklurin galoilasi dan glukosida iriflofenon (Berardini et al., 2004).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan ekstraksi oleoresin diantaranya metode, kondisi, dan bahan baku ekstraksi. Umumnya, oleoresin diperoleh melalui proses ekstraksi menggunakan pelarut yang mudah menguap seperti aseton, alkohol, atau eter. Metode ekstraksi oleoresin dapat dilakukan dalam satu tahap, dua tahap maupun multi tahap (Budi, 2009). Proses ekstraksi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan UAE (*Ultrasound-*

Assisted Extraction) secara bertingkat atau multi tahap.

Ekstraksi menggunakan ultrasonik merupakan salah satu proses ekstraksi yang tidak menimbulkan suhu tinggi dan efisien dalam perpindahan massa dan energi, serta reproduktivitas tinggi (Chemat et al., 2011). Mekanisme yang paling relevan untuk ekstraksi oleoresin dari bubuk kulit mangga Kuweni yaitu proses ultrasonikasi yang menimbulkan getaran yang membantu merusak kesetimbangan campuran dan mengeluarkan matriks dari jaringan yang mengikatnya (Wonorahardjo, 2016). Ultrasonik menyebabkan fenomena fisik pada cairan yang menciptakan kondisi yang diperlukan untuk mendorong reaksi kimia, yaitu kavitasi. Kavitasi merupakan proses dimana cairan yang dikenai ultrasonik menghasilkan gelembung yang berosilasi (mengembang sedikit lebih besar selama fase ekspansi gelombang suara, dan menyusut selama fase kompresi). Pada kondisi yang tepat, gelembung ini bisa hancur, dan menghasilkan tekanan dan suhu yang sangat tinggi (Suslick, 1994). Pelarut dalam proses ekstraksi menggunakan UAE sangat penting karena berperan melarutkan komponen bioaktif dari matriks seluler kulit mangga. Pemilihan jenis pelarut (non-polar, semi-polar, atau polar) menentukan efisiensi pengambilan senyawa spesifik seperti terpenoid, fenolik, atau flavonoid. Pelarut juga mempengaruhi stabilitas senyawa selama ekstraksi, dengan pelarut yang tepat membantu menjaga kualitas aroma dan aktivitas bioaktif oleoresin. Faktor-faktor yang digunakan sebagai parameter dalam proses UAE untuk mendapatkan kondisi ekstraksi yang optimum diantaranya jenis pelarut, konsentrasi pelarut, rasio pelarut terhadap sampel, waktu ekstraksi, suhu ekstraksi, intensitas daya, ukuran partikel dan multi-tahap ekstraksi dengan pelarut berbeda.

Hipotesis komponen kulit Kuweni mencakup senyawa non-polar (terpenoid), semi-polar (flavonoid), dan polar (fenolik). Ekstraksi bertahap diperlukan untuk memisahkan senyawa ini secara efisien, karena tiap pelarut (non-polar hingga polar) memiliki selektivitas berbeda, sehingga memungkinkan pengambilan maksimal berbagai komponen bioaktif dari kulit Kuweni. Pada ekstraksi multi-tahap, sampel diekstraksi dengan dua tahap atau lebih menggunakan pelarut yang berbeda. Salah satu keuntungan ekstraksi bertingkat adalah dapat mengambil komponen yang berbeda dari kedua proses menggunakan jenis pelarut yang berbeda dengan derajat kepolaran yang berbeda. Ekstraksi bertingkat dilakukan berturut-turut dari pelarut nonpolar (n-heksana), semipolar (etil asetat) dan polar (etanol) (Sudarmadji, 2007). Belum banyak ekstraksi oleoresin dari kulit mangga Kuweni khususnya menggunakan metode ekstraksi UAE multi-tahap. Studi oleh (Hanif et al., 2021) melakukan penelitian serupa, ekstraksi oleoresin dari kulit mangga Kuweni menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction (MAE)*. Hasil ekstraksi oleoresin menggunakan metode yang berbeda dapat menghasilkan rendemen yang berbeda pula.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kondisi proses ekstraksi oleoresin kulit mangga Kuweni yang optimum menggunakan UAE dengan mempertimbangkan jumlah pelarut dan lama ekstraksi, sehingga dapat memberikan kontribusi terhadap inovasi pemanfaatan limbah agroindustri secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Bahan baku penelitian merupakan kulit mangga Kuweni (*Mangifera odorata* Griff) didapatkan dari Pasar Induk Ciparay, Kota Bandung, Jawa Barat. Banyaknya buah mangga Kuweni segar yang digunakan $\pm 25\text{kg}$ yang menghasilkan

bubuk kulit mangga Kuweni kering sekitar $\pm 200\text{gram}$ dengan kadar air 5,39% (bb). Mangga Kuweni yang digunakan memiliki ciri-ciri aroma yang mulai tercium, warna kulit mangga hijau sedikit kekuningan, dan tekstur buah semakin lunak. Kulit mangga Kuweni lalu dikeringkan untuk mengurangi kadar air dan mengoptimalkan proses ekstraksi. Bahan pendukung yang digunakan adalah akuades, n-heksana teknis, etanol 96%, *silica gel*, dan aseton. Alat penelitian yang digunakan adalah saringan Tyler 18 mesh, botol vial, cawan alumunium, corong kaca, desikator, elenmeyer, gelas beaker, magnetic stirrer, infrared thermometer gun (*tipe GM550*), grinder, mikropipet, dan oven blower (*Tung Tec Instrument*), *rotary evaporator vacuum (Heidolph p/n 562-01300-00)*, piknometer, spatula, timbangan digital, timbangan analitik, *ultrasonic processor (QSonica-Q500, 500W, 20 kHz)*, dan *ColorFlex EZ Hunter Lab*.

Persiapan dan pengeringan kulit mangga Kuweni dilakukan sebelum ekstraksi. Kulit mangga hasil pengupasan buah, ditimbang dan dikeringkan dalam oven dengan durasi ± 23 jam menggunakan suhu 50°C hingga kadar air di bawah 10% (bb). Setelah dikeringkan, kulit mangga Kuweni dikecilkan dengan *grinder* dan diayak menggunakan saringan Tyler 18 mesh hingga diperoleh serbuk yang seragam. Untuk 1 kali proses ekstraksi, 10 gram serbuk kulit mangga Kuweni dimasukkan kedalam beaker glass dan dilarutkan dengan pelarut n-heksana (non-polar) dengan jumlah sesuai dengan yang ditentukan pada RSM, kemudian dilakukan ekstraksi menggunakan UAE, ampas dari ekstraksi tahap pertama kemudian dikeringkan dan dibiarkan selama 24 jam untuk diekstraksi secara UAE dengan kondisi yang sama dengan pelarut etanol 96% (polar).

Ekstraksi yang dihasilkan disaring menggunakan filtrasi vakum dan dilakukan proses penguapan pelarut menggunakan alat *rotary evaporator*

dengan *setting* kondisi vakum (-23 bar). Waktu penguapan, suhu dan rotasi evaporasi yang digunakan masing - masing adalah 11 menit, 35°C dan 60 rpm untuk ekstraksi dengan pelarut n-heksana dan 23 menit, 50°C dan 80 rpm untuk ekstraksi dengan pelarut etanol 96%. Perbedaan waktu penguapan, suhu, dan rpm antara pelarut n-heksana dan etanol 96% dalam proses ekstraksi disesuaikan dengan sifat fisik dan kimia masing-masing pelarut, serta memastikan optimalisasi penguapan pelarut tanpa merusak senyawa bioaktif hasil ekstraksi.

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen laboratorium, menggunakan aplikasi *Design Expert version 11* menggunakan rancangan *Design of Experiment* (DoE) yang dipilih adalah metode respon permukaan tipe *Central Composite Design* (CCD). Rancangan ini mengkombinasikan dua variabel independen yaitu jumlah pelarut dan waktu ekstraksi dengan jumlah bahan yang digunakan selalu sama yaitu 10 gram. Respon yang dihasilkan yaitu rendemen hasil ekstraksi untuk mendeskripsikan hasil penelitian agar mendapatkan kesimpulan penelitian.

Variabel independen yang digunakan dalam analisis metode respon permukaan adalah jumlah pelarut dan waktu proses UAE. Dimana nilai batas minimum dan maksimum pada variabel jumlah pelarut masing – masing ialah 250 ml dan 400 ml. Sedangkan nilai minimum dan maksimum pada variabel waktu proses UAE masing – masing ialah 30 menit - 40 menit. Data rendemen total yang akan digunakan sebagai data primer dalam proses optimasi adalah data rendemen total dari proses ekstraksi kulit mangga Kuweni dengan pelarut etanol 96%.

Analisis dilakukan untuk menentukan titik optimal dari faktor variabel bebas seperti jumlah pelarut dan waktu ekstraksi terhadap respon (rendemen). Penentuan skor optimal

dilakukan berdasarkan kriteria yang diinginkan dengan memilih preferensi dan tujuan yang diinginkan. Kriteria pencarian adalah hasil maksimum. Ketika semua kriteria pemilihan telah ditentukan, software *Design Expert* versi 11 akan memberikan rencana titik optimal. Kombinasi perlakuan ekstraksi yang diberikan dengan metode RSM dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi Pelakuan Ekstraksi pada RSM untuk Pelarut n-heksana dan Etanol 96%

Run	Jumlah Pelarut (ml)	Waktu Ekstraksi (menit)
1	400	40
2	325	35
3	325	27,93
4	325	35
5	325	42,07
6	325	35
7	400	30
8	250	40
9	218,93	35
10	250	30
11	431,07	35

Solusi yang didapatkan kemudian dilakukan proses validasi data untuk menentukan tingkat akurasi. Validasi dilakukan dengan menerapkan atau menjalankan hasil dari solusi titik optimal aktual program dengan dua iterasi. Hasil pengujian adalah perbandingan antara hasil prediksi solusi optimal program dengan hasil sebenarnya dari perhitungan rata-rata hasil perhitungan perlakuan (*run*) aktual. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa selisih antara nilai prediksi dan nilai validasi kurang dari 5% yang berarti nilai validasi sesuai dengan nilai prediksi (Mariana et al., 2017).

Metode maserasi dengan jumlah pelarut dan waktu yang sama dengan kombinasi jumlah pelarut dan waktu yang menghasilkan rendemen terbaik pada UAE juga dilakukan, hal tersebut dilakukan sebagai perlakuan kontrol sebagai pembanding antara proses ekstraksi menggunakan metode UAE dan maserasi.

Perlakuan kontrol dilakukan dengan 3 kali ulangan.

Perhitungan Rendemen Total

Rendemen total didapatkan dari perbandingan massa oleoresin kulit mangga Kuweni yang didapatkan dengan massa bahan baku yang diekstraksi. Perhitungan rendemen total menggunakan persamaan berikut:

$$R = \frac{\text{massa ekstrak} - (\text{massa ekstrak} \times \text{KSP})}{\text{massa awal kulit mangga}} \times 100\%.$$

.....(1)

Dimana massa total oleoresin yang digunakan merupakan massa total oleoresin yang sudah diakumulasikan oleh nilai kadar sisa pelarut.

Penentuan Kadar Sisa Pelarut (Guenther, 1987)

Analisis kadar sisa pelarut pada ekstrak dilakukan untuk mengetahui sisa pelarut yang masih terdapat dalam ekstrak. Kadar sisa pelarut dihitung berdasarkan berat pelarut yang diuapkan dari setiap satuan berat bahan yang diuapkan.

$$\text{Kadar sisa pelarut} = \frac{b-c}{b-a} \times 100\% \dots (2)$$

Keterangan :

a = massa labu evaporator kosong (g)

b = massa awal labu + ekstrak oleoresin kulit mangga Kuweni (g)

c = massa labu + ekstrak setelah dilakukan evaporasi (g)

Pengujian Warna/Kromatisitas

Pengujian warna pada penelitian ini menggunakan alat *ColorFlex EZ Hunter Lab* untuk mendapatkan nilai L*, a*, b* yang objektif dan kuantitatif.

Pengujian Bobot Jenis (SNI 06-2385-2006)

Pengujian bobot jenis pada ekstrak dilakukan dengan piknometer berdasarkan perbandingan bobot suatu volume sampel dengan massa air pada suhu dan volume yang sama.

$$\text{Bobot jenis} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

m = Bobot piknometer kosong (g)

m₁ = Bobot piknometer + aquades (g)

m₂ = Bobot piknometer + ekstrak (g)

Pengujian Komponen Senyawa (GC-MS)

Metode analisa menggunakan GC MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*) dapat mengukur jenis dan kandungan senyawa dalam suatu sampel baik secara kualitatif dan kuantitatif. Instrumen ini merupakan perpaduan dari dua buah instrumen, yaitu kromatografi gas yang berfungsi untuk memisahkan senyawa menjadi senyawa tunggal dan spektroskopi massa yang berfungsi mendeteksi jenis senyawa berdasarkan pola fragmentasinya. Identifikasi komposisi oleoresin kulit mangga Kuweni dilakukan menggunakan metode GC MS, dengan kolom HP-5MS (5% *phenyl 1 methylsiloxane*) 30m x 0,25mm. Sampel yang diuji menggunakan GC MS merupakan sampel hasil ekstraksi kulit mangga Kuweni dengan pelarut n-heksana dan etanol 96% pada kondisi optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses ekstraksi UAE menunjukkan campuran bahan berupa bubuk kulit mangga Kuweni dengan ukuran 18 mesh dan pelarut berupa n-heksana (pada ekstraksi pertama) dan etanol 96% (pada ekstraksi kedua) dikenai gelombang ultrasonik melalui *probe ultrasound processor*. Suhu pada proses ekstraksi menunjukkan angka yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu ekstraksi, sebagaimana yang disebutkan dalam penelitian (Rahmani, 2019), dimana semakin lama waktu pada UAE maka semakin lama dan tinggi intensitas proses kavitasi yang terjadi dan menyebabkan terjadinya kenaikan suhu.

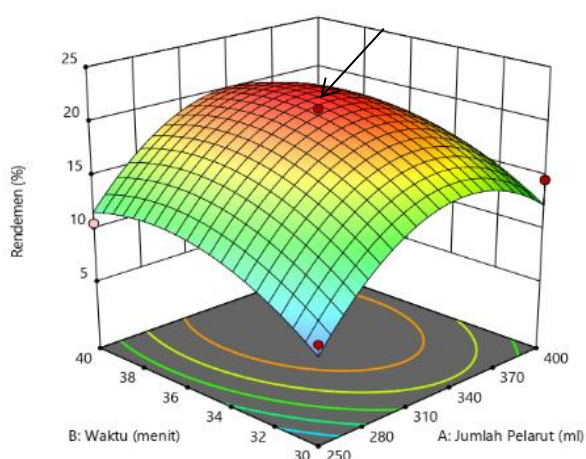
Rendemen Total

Hasil perhitungan rendemen total ekstrak oleoresin kulit mangga Kuweni

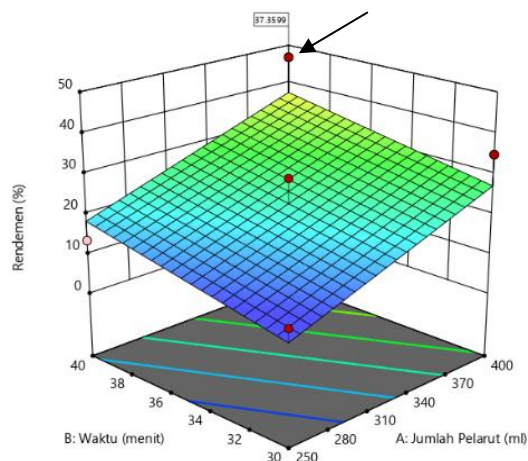
dengan pelarut n-heksana dan etanol 96% disajikan pada Tabel 2. Data rendemen total oleoresin ekstrak n-heksana menunjukkan bahwa kondisi proses yang menghasilkan rendemen tertinggi berada pada *run* 2 (325ml 35 menit) yang ditunjukkan oleh tanda panah pada grafik plot 3D (Gambar 1). Sementara pada oleoresin ekstrak etanol 96% rendemen tertinggi berada pada *run* 1 (400 ml 40 menit) ditunjukkan grafik plot 3 dimensi (Gambar 2).

Tabel 2. Rendemen Total Oleoresin Ekstrak n-heksana dan Etanol 96%

Run	Jumlah Pelarut (ml)	Waktu Ekstraksi (menit)	Rendemen Total (%) n-heksana	Rendemen Total (%) Etanol 96%
1	400	40	16,53	46,81
2	325	35	21,24	29,05
3	325	27,93	9,28	12,35
4	325	35	20,11	10,95
5	325	42,07	18,71	31,24
6	325	35	20,5	18,39
7	400	30	14,68	34,91
8	250	40	10,56	13,49
9	218,93	35	5,09	14,18
10	250	30	7,35	11,45
11	431,07	35	10,73	27,76



Gambar 1. Plot 3 Dimensi Rendemen Ekstrak Oleoresin Dengan Pelarut n-Heksana



Gambar 2. Plot 3 Dimensi Rendemen Ekstrak Oleoresin Dengan Pelarut Etanol 96%

Hasil Uji Karakteristik Oleoresin Kulit Mangga Kuweni

Kadar Sisa Pelarut

Kadar sisa pelarut dalam ekstrak menunjukkan banyaknya sisa pelarut dalam ekstrak. Nilai kadar sisa pelarut yang terdapat dalam oleoresin kulit mangga Kuweni dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Kadar Sisa Pelarut

Run	KSP (%) n-heksana	KSP (%) etanol 96%
1	97,03	96,00
2	97,09	97,00
3	98,02	98,06
4	95,09	98,04
5	95,00	96,19
6	97,00	96,08
7	98,04	96,04
8	97,03	89,21
9	96,08	91,09
10	93,07	97,00
11	98,08	98,02
Rata-rata	96,50	95,70

Nilai kadar sisa pelarut di setiap perlakuan RSM (Tabel 3) menunjukkan rata-rata nilai KSP sebesar 96,50% dan 95,7%. Ekstrak oleoresin kulit mangga Kuweni yang diekstraksi menggunakan kedua pelarut tersebut masih belum

memenuhi standar untuk digunakan pada bahan pangan maupun farmasi. Hal ini diduga karena proses yang dilakukan saat ini masih sebatas penelitian yang berskala kecil, dimana jumlah bahan baku yang digunakan cukup sedikit (10gram) sehingga sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut pada proses ekstraksi oleoresin kulit mangga Kuweni dengan skala yang lebih besar. Dapat dilakukan perkiraan jumlah bahan baku kulit mangga Kuweni yang sesuai sehingga ekstrak yang dihasilkan lebih banyak dan mencukupi proses uji. Untuk mendapatkan ekstrak oleoresin dengan KSP yang rendah (kurang dari 5%) maka proses evaporasi baiknya dilakukan lebih lama.

Warna/ Kromatisitas

Hasil uji warna menghasilkan nilai L^* , a^* , b^* , nilai chroma, dan Hue secara langsung. Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian warna pada oleoresin hasil proses ekstraksi menggunakan pelarut n-heksana dan etanol 96%.

Tabel 4. Nilai Hasil Uji Warna Oleoresin Ekstrak n-Heksana

Run	Parameter Warna				
	L^*	a^*	b^*	C^*	hue
1	44,94	1,35	65,5 9	65,60	88,8 2
2	53,34	-1,85	67,4 1	67,43	91,5 7
3	32,49	3,47	43,6 5	43,78	85,4 6
4	33,61	2,15	44,3 6	44,41	87,2 3
5	38,82	3,23	56,2 6	56,36	86,7 1
6	45,03	1,69	67,5 2	67,54	88,5 6
7	45,4	0,59	62,7 7	62,77	89,4 6
8	35,9	3,04	45,9 0	46,00	86,2 1
9	37,38	4,49	44,3 4	44,57	84,2 2
10	36,28	4,14	45,6 3	45,82	84,8 1
11	45,96	1,84	65,9 5	65,98	88,4 1

Tabel 5. Nilai Hasil Uji Warna Oleoresin Ekstrak Etanol 96%

Run	Parameter Warna				
	L^*	a^*	b^*	C^*	hue
1	40,91	-6,25	61,19	61,51	95,83
2	45,88	-6,84	67,01	67,36	95,83
3	31,44	-0,54	49,99	50,00	90,62
4	31,55	0,90	49,30	49,31	88,95
5	46,33	-5,54	67,97	68,19	94,66
6	27,77	1,26	42,59	42,61	88,30
7	36,35	-5,88	56,72	57,02	95,92
8	10,30	5,56	14,86	15,86	69,49
9	15,55	2,78	22,31	22,48	82,90
10	25,58	0,95	38,18	38,20	88,57
11	58,74	-13,28	71,05	72,48	100,56

Simbol a^* mewakili campuran warna merah dan hijau, sementara b^* menunjukkan campuran dari warna biru dan kuning. Rentang nilai a^* dari 0 sampai 80 mewakilkan warna merah, dan rentang nilai a^* dari -80 sampai 0 mewakilkan warna hijau pada objek. Rentang nilai b^* antara 0 sampai 70 mewakilkan warna kuning, dan rentang nilai b^* dari -70 sampai 0 mewakilkan warna biru pada objek (CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*), 2007). Ekstrak oleoresin kulit mangga Kuweni dengan kedua pelarut memiliki nilai b^* positif hal ini menunjukkan bahwa ekstrak tersebut cenderung berwarna kuning, Adapun nilai a^* cenderung beragam, ada yang yang bernilai positif dan negatif yang menunjukkan campuran merah dan hijau pada sampel.

Semakin tinggi nilai *chroma* pada suatu objek menunjukkan intensitas warna objek yang semakin rendah. Nilai Hue pada analisis uji warna mewakilkan panjang gelombang warna dominan pada objek. Nilai Hue dihasilkan dari nilai a^* dan b^* yang disesuaikan dengan daerah kisaran warna kromatisitas (dengan skala Hutching). Nilai Hue rata-rata pada ekstrak dengan pelarut n-heksana berkisar antara 84,22 - 91,57 sehingga sampel

ekstrak masuk dalam daerah kisaran warna kromatisitas *Yellow Red*. Sedangkan nilai *Hue* rata-rata pada ekstrak dengan pelarut etanol 96% berkisar antara 69,49 - 100,56 ekstrak tersebut masuk dalam daerah kisaran warna kromatisitas *Yellow Red* hingga *Yellow*. Terlihat bahwa ekstrak oleoresin yang memiliki jumlah pelarut lebih kecil dan menghasilkan oleoresin lebih pekat cenderung menghasilkan warna kromatisitas *Yellow Red*.

Bobot Jenis

Pengujian bobot jenis oleoresin kulit mangga Kuweni hasil ekstraksi untuk tiap perlakuan disajikan pada Tabel 6. Bobot jenis oleoresin kulit mangga Kuweni hasil ekstraksi menggunakan pelarut etanol 96% menunjukkan nilai bobot jenis yang lebih kecil dari pada bobot jenis air. Menurut (Simbolon, 2012), fraksi dari berat komponen – komponen yang terdapat dalam suatu zat sering kalau dikaitkan dengan nilai bobot jenis. Dimana semakin besar nilai bobot jenis maka semakin besar fraksi berat yang terkandung dalam oleoresin.

Tabel 6. Nilai Bobot Jenis Oleoresin

Run	Bobot Jenis (ekstrak n- heksana)	Bobot Jenis (ekstrak etanol 96%)
1	0,6720 ± 0,0034	0,8110 ± 0,0035
2	0,6740 ± 0,0026	0,8170 ± 0,0069
3	0,6780 ± 0,0064	0,8190 ± 0,0031
4	0,6720 ± 0,0034	0,8190 ± 0,0031
5	0,6720 ± 0,0034	0,8170 ± 0,0035
6	0,6670 ± 0,0025	0,8190 ± 0,0031
7	0,6670 ± 0,0025	0,8170 ± 0,0035
8	0,6740 ± 0,0026	0,8700 ± 0,0036
9	0,6780 ± 0,0034	0,8440 ± 0,0070
10	0,6850 ± 0,0064	0,8190 ± 0,0031
11	0,6670 ± 0,0025	0,8110 ± 0,0069
Rerata	0,6730 ± 0,0054	0,8240 ± 0,0176

Nilai bobot jenis pada oleoresin kulit mangga Kuweni hasil ekstraksi menggunakan pelarut etanol 96% lebih besar dibandingkan pelarut n-heksana. Hal ini diduga dipengaruhi oleh jenis pelarut

yang digunakan untuk proses ekstraksi. Pelarut n-heksana pada suhu 20°C memiliki bobot jenis 0,660-0,665 dari data (ASTM, 2020) sedangkan etanol 96% 0,805-0,810 (Linstrom & Mallard, 2001).

Identifikasi Komposisi Oleoresin Kulit Mangga Kuweni dengan Pelarut n-Heksana dan Etanol 96%

GC MS menunjukkan komponen-komponen senyawa kimia yang didapatkan pembacaan *peak area* yang menunjukkan %*area* dari komponen yang dianalisa. Hasil %*area* didapatkan dari pembacaan grafik, grafik berupa *peak* pada rentang waktu tertentu, dimana setiap komponen memiliki rentang waktu yang berbeda-beda. Ekstrak oleoresin kulit mangga Kuweni dengan pelarut n-heksana terdapat 39 *peak* dengan 3 senyawa yang utama teridentifikasi diantaranya adalah *Isopropyl myristate* (12,01% *Area*), *p-Xylene* (3,49% *Area*), dan *o-Xylene* (1,74% *Area*).

Isopropyl myristate merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam sediaan kosmetik sebagai pengganti *natural oils* karena mudah terserap oleh kulit, dan memiliki sifat penyebaran yang sangat baik. *Isopropyl myristate* dapat digunakan sebagai *emulsifier* dan sering digunakan sebagai bahan pengikat penetrasi karena merupakan salah satu *enhancer* yang dapat meningkatkan absorpsi perkutan obat pada berbagai penelitian (Klaffenbach & Kronenfeld, 1997). Senyawa *Isopropyl myristate* pada oleoresin kulit mangga Kuweni dapat dimanfaatkan menjadi salah satu bahan pendukung pada kosmetik apabila dilakukan penelitian lebih lanjut. Sedangkan senyawa *p-Xylene* dan *o-Xylene* merupakan senyawa isomer dari *mixed xylene* dimana *p-Xylene* dioksidasi menjadi *terephthalic acid* yang kemudian dapat direaksikan dengan *ethylene glycol* untuk membentuk *polyester* yang digunakan pada *fiber* dan resin. Sedangkan *o-Xylene* dioksidasi menghasilkan *phthalic anhidrad* yang merupakan komoditi kimia

penting, dimana senyawa tersebut biasa digunakan untuk memproduksi ester yang biasa digunakan sebagai *plasticizer* untuk polimer sintetik (Kirk-Othmer, 1965).

Ekstrak oleoresin kulit mangga Kuweni dengan pelarut etanol 96% terdapat 58 *peak* dengan 3 senyawa utama yang teridentifikasi diantaranya adalah 4*H*-Pyran-4-one, 2,3 dihydro 3,5 dihydroxy-6-methyl (8,46%Area), E-11,13-Tetradecadien-1-ol (0,46 % Area), dan Carbonic acid, methyl tetradecyl ester (0,36 % Area). Senyawa 4*H*-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl merupakan salah satu jenis senyawa hidrokarbon beroksigen, senyawa tersebut merupakan antioksidan kuat yang terdapat pada *glucose* senyawa 4*H*-Pyran-histidiney (Yu et al., 2013). Menurut (Barlina et al., 2020), -4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl menjadi salah satu aroma tambahan yang dihasilkan oleh penambahan gula semut pada pembuatan coklat hitam.

Hasil pada oleoresin kulit mangga Kuweni yang didapatkan berbeda dengan komponen kimia yang ada pada oleoresin kulit mangga pada penelitian sebelumnya. Menurut (M. R. Masoud & El-Hadidy, 2017) beberapa komponen kimia utama yang teridentifikasi dalam oleoresin kulit mangga adalah senyawa terpenoid dan bioaktif yang dapat dimanfaatkan untuk memberikan cita rasa alami seperti α -Pinene, Terpinolene, Myrcene, dan β -Pinene. Komponen-komponen ini merupakan senyawa volatil yang berkontribusi terhadap aroma khas dari kulit mangga dan memiliki potensi penggunaan dalam aplikasi makanan dan minuman.

Optimasi Rendemen Oleoresin dari Kulit Mangga Kuweni

Analisis optimasi rendemen oleoresin kulit mangga Kuweni dilakukan dengan menggunakan aplikasi RSM. Nilai rendemen total dari proses ekstraksi yang telah didapatkan di input pada tabel respon

pada aplikasi RSM. Hasil analisis ANOVA yang dilakukan RSM dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Analisis ANOVA Oleoresin Kulit Mangga Kuweni dengan Pelarut n-Heksana

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	313.12	5	62.62	19.22	0.0028	significant
A-Jumlah Pelarut	56.58	1	56.58	17.37	0.0088	
B-Waktu	42.30	1	42.30	12.99	0.0155	
AB	0.4624	1	0.4624	0.1419	0.7218	
A ²	204.75	1	204.75	62.85	0.0005	
B ²	50.11	1	50.11	15.38	0.0112	
Residual	16.29	5	3.26			
Lack of Fit	15.63	3	5.21	15.81	0.0601	not significant
Pure Error	0.6589	2	0.3294			
Cor Total	329.41	10				

Tabel 8. Analisis ANOVA Oleoresin Kulit Mangga Kuweni dengan Pelarut Etanol 96%

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	928.31	2	464.16	7.60	0.0141	significant
A-Jumlah Pelarut	721.72	1	721.72	11.82	0.0089	
B-Waktu	206.60	1	206.60	3.38	0.1032	
Residual	488.59	8	61.07			
Lack of Fit	323.05	6	53.84	0.6505	0.7109	not significant
Pure Error	165.53	2	82.77			
Cor Total	1416.90	10				

F-value pada model yang dihasilkan pada analisis RSM menunjukkan hasil model tersebut *significant*, hal tersebut juga didukung dengan nilai *p-value* pada model lebih kecil dari 0,05. Sedangkan, pada *lack of fit Fvalue* pada model yaitu *not significant*. Nilai *lack of fit* juga bisa dianggap sebagai nilai error yang terjadi dimana hal tersebut sesuai dengan yang diharapkan dikarenakan model diinginkan untuk memiliki nilai error yang kecil.

Ekstraksi menggunakan pelarut n-heksana memberikan ANOVA pada Tabel 7 yang menunjukkan bahwa faktor jumlah pelarut (A) dan waktu ekstraksi (B) berpengaruh terhadap nilai rendemen yang diperoleh karena memiliki nilai *p-value* yang lebih kecil dari 0,05 yaitu 0,0088 untuk (A) dan 0,0155 untuk (B). Faktor jumlah pelarut (A) lebih berpengaruh terhadap rendemen karena memiliki nilai *p-value* yang lebih rendah dibandingkan

dengan faktor A). Faktor interaksi kuadrat jumlah pelarut (A^2) dan kuadrat waktu (B^2) berpengaruh signifikan, namun jumlah pelarut dan waktu ekstraksi (AB) tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai rendemen yang diperoleh karena memiliki nilai *p-value* lebih besar dari 0,05. Sementara rendemen ekstraksi dengan pelarut etanol dengan ANOVA pada Tabel 8 menunjukkan bahwa faktor jumlah pelarut (A) lebih pengaruh signifikan karena memiliki nilai *p-value* yang lebih kecil dari 0,0089, kemudian disusul dengan waktu ekstraksi (B) dengan *p-value* 0,1032.

Dua variabel pada penelitian ini yaitu variabel jumlah pelarut dan variabel lama waktu ekstraksi dengan rendemen total sebagai respon membentuk model persamaan matematika kuadratik (untuk ekstraksi dengan n-heksana dan model linear (ekstraksi dengan pelarut etanol 96%) dimana hal tersebut dimodelkan pada persamaan berikut:

$$Y_1 = 0,76 A + 9,09 B - 0,000907 AB - 0,00107 A^2 - 0,12 B^2 - 276,36 \dots \dots \dots (4)$$

$$Y_2 = 0,13A + 1,02B - 53,95 \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

Y_1 = Rendemen ekstraksi oleoresin dengan pelarut n-heksana (%)

Y_2 = Rendemen ekstraksi oleoresin dengan pelarut etanol 96% (%)

A = Jumlah pelarut (ml)

B = Lama waktu ekstraksi (menit)

Penentuan Kondisi Optimum Proses Ekstraksi UAE dengan Kedua Pelarut

Setelah mendapatkan model matematika untuk setiap respon, proses optimasi dilakukan. Tabel 9 menunjukkan rancangan optimasi untuk ekstraksi berbantu ultrasonik pada oleoresin ekstrak mangga Kuweni. Batas atas dan batas bawah untuk setiap respon adalah hasil rekomendasi dari model yang telah didapatkan dari setiap respon. Rancangan optimasi ekstraksi diatur target dan tingkat kepentingannya. Jumlah pelarut (mL), waktu ekstraksi (menit) diatur dalam target kisaran (*in range*) dan tingkat

kepentingan (3) sesuai dengan rekomendasi dari RSM. Nilai respon rendemen kedua proses ekstraksi diatur dalam target *maximize* agar didapatkan nilai rendemen ekstraksi yang tinggi pada solusi optimum yang dirumuskan.

Tabel 9. Rancangan Optimasi RSM

Komponen Faktor dan Respon	Target	Batas Bawah	Batas Atas	Tingkat Kepentingan
Faktor 1				
A: Jumlah Pelarut (mL)	Kisaran (<i>in range</i>)	250	400	3
Faktor 2				
B: Waktu Ekstraksi (Menit)	Kisaran (<i>in range</i>)	30	40	3
Rendemen Total Ekstraksi dengan n-heksana	<i>Maximize</i>	5,09	21,24	5
Rendemen Total Ekstraksi dengan etanol 96%	<i>Maximize</i>	10,95	46,81	5

Solusi RSM ekstraksi kulit mangga Kuweni dengan pelarut n-heksana menghasilkan kondisi optimum dengan kombinasi jumlah pelarut sebanyak 340,703 ml dan lama waktu ekstraksi 36,52 menit dengan prediksi nilai rendemen sebesar 21,31%, dengan nilai *desirability* sebesar 1. Ekstraksi dengan pelarut etanol 96% kondisi proses pada solusi 1 yaitu kombinasi jumlah pelarut 400 ml dan waktu 40 menit menjadi kondisi proses yang direkomendasikan sebagai kondisi proses yang optimal dengan pelarut etanol 96% menghasilkan rendemen sebesar 36,47%. Pada kondisi proses ekstraksi tersebut, menghasilkan nilai *desirability* yang cukup tinggi yaitu 0,736. Menurut (Montgomery, 2001), nilai *desirability* merupakan derajat ketepatan dari hasil solusi optimal pada RSM. Semakin tinggi nilai *desirability* (mendekati angka satu) semakin tinggi pula derajat ketepatan hasil proses tersebut.

Analisis Validasi

Proses validasi kondisi optimum dilakukan pada setiap proses sebanyak dua kali ulangan. Hasil rendemen total pada proses ekstraksi optimum menggunakan dengan pelarut n-heksan dan etanol 96% rata-rata sebesar 24% dan 36,47%. Selanjutnya dapat ditentukan nilai persen validasi, juga dikenal sebagai tingkat akurasi dari hasil validasi. Nilai persen validasi yang lebih tinggi menunjukkan hasil yang lebih baik. Nilai persen validasi untuk respon rendemen ekstraksi oleoresin kulit mangga Kuweni dengan pelarut n-heksana dan etanol 96% secara berturut-turut 100,62% dan 97,61%. Data tersebut menunjukkan bahwa kondisi proses ekstraksi untuk mendapatkan rendemen oleoresin kulit mangga Kuweni optimum cukup konsisten.

Perlakuan kontrol secara maserasi juga dilakukan untuk melihat perbedaan antara proses ekstraksi berbantu ultrasonik dengan proses ekstraksi konvensional. Ekstraksi secara maserasi dilakukan mengikuti kondisi proses yang dianggap optimum. Perlakuan kontrol tersebut dilakukan menggunakan kondisi proses yang dianggap optimum pada proses UAE yaitu dengan jumlah pelarut 400ml, waktu 40 menit serta suhu yang disesuaikan dengan rata-rata suhu pada UAE. Suhu rata-rata pada proses UAE dengan pelarut etanol 96% sebesar 48,5°C. Proses ekstraksi secara maserasi menghasilkan rendemen total sebesar $17,31 \pm 0,19\%$.

Rendemen total yang dihasilkan pada proses ekstraksi maserasi sebagai perlakuan kontrol menunjukkan bahwa rendemen yang dihasilkan jauh lebih kecil dari pada yang dihasilkan dengan UAE. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses UAE memang lebih baik karena dapat menghasilkan rendemen ekstrak oleoresin kulit mangga Kuweni yang lebih banyak dalam kondisi jumlah pelarut dan lama waktu ekstraksi yang sama. Pengujian karakteristik kadar sisa pelarut, bobot jenis dan warna juga dilakukan pada hasil

ekstrak dengan proses maserasi dengan hasil secara berurutan sebesar $98,01\% \pm 0,01$, $0,8180 \pm 0,0012$, dan 105,97 (*Yellow*). Terlihat bahwa nilai KSP dari ekstrak oleoresin hasil proses maserasi lebih tinggi dari rata-rata KSP pada UAE, begitu pula dengan bobot jenisnya. Hal tersebut diduga disebabkan oleh proses maserasi yang mengekstrak komponen lebih sedikit dari pada UAE sehingga terlihat dari kepekatan ekstrak yang didapatkan. Semakin sedikit komponen yang terekstrak maka semakin tinggi KSP dan semakin kecil bobot jenisnya. Warna ekstrak oleoresin juga menghasilkan *hue* dengan warna *Yellow*.

KESIMPULAN

Perlakuan dengan kombinasi jumlah pelarut dan waktu pada proses ekstraksi oleoresin kulit mangga Kuweni yang menghasilkan rendemen optimum menggunakan UAE ialah kombinasi jumlah pelarut (etanol 96%) sebanyak 400ml dengan lama waktu ekstraksi 40 menit menghasilkan rendemen 36,47%, KSP 95,78%, bobot jenis 0,8190, nilai kromatisitas 105,39 (*Yellow*). Oleoresin kulit mangga Kuweni hasil ekstraksi maserasi menggunakan pelarut etanol 96% mendapatkan rendemen 17,31%, KSP 98,01%, bobot jenis 0,8180, dan nilai kromatisitas 105,97 (*Yellow*). Penelitian ini mengindikasikan bahwa UAE adalah metode yang sangat efisien untuk ekstraksi oleoresin dari kulit mangga kuweni dibandingkan dengan maserasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menunjukkan rasa terima kasih kepada Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran khususnya Laboratorium Pascapanen dan Teknologi Proses yang menyediakan fasilitas untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (2020). Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method. *Issue American Society for Testing and Materials (ASTM International)*. <https://doi.org/10.1520/D1298-12B>
- Barlina, R., Liwu, S., & Manaroinson, E. (2020). Potensi dan Teknologi Pengolahan Komoditas Aren Sebagai Produk Pangan dan Nonpangan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 39(1), 35. <https://doi.org/10.21082/JP3.V39N1.2020.P35-47>
- Berardini, N., Carle, R., & Schieber, A. (2004). Characterization of Gallotannins and Benzophenone Derivatives from Mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Tommy Atkins') Peels, Pulp and Kernels by High-Performance Liquid Chromatography/ Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 18(19), 2208–2216. <https://doi.org/10.1002/RCM.1611>,
- Budi, F. S. (2009). Pengambilan Oleoresin Dari Ampas Jahe (Hasil Samping Penyulingan Minyak Jahe) dengan Proses Ekstraksi. *Teknik*, 30(3), 156–161. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/teknik.v30i3.1888>
- Chemat, F., Zill-e-Huma, & Khan, M. K. (2011). Applications of Ultrasound in Food Technology: Processing, Preservation and Extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–835. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>
- Chen, M. H., & Huang, T. C. (2016). Volatile and Nonvolatile Constituents and Antioxidant Capacity of Oleoresins in Three Taiwan Citrus Varieties as Determined by Supercritical Fluid Extraction. *Molecules*, 21(12). <https://doi.org/10.3390/molecules21121735>
- CIE (Commission Internationale de l'Éclairage). (2007). *CIE 1976 L*a*b* Colour Space (CIE S 014-4/E:2007)*. CIE Central Bureau.
- Guenther. (1987). *Minyak Atsiri jilid I (terjemahan) (1st ed.; S. Ketaren & R. Mulyono, Eds.)*. Jakarta: UI Press.
- Hanif, A., Widyasanti, A., & Putri, S. H. (2021). Optimasi Kondisi Proses Ekstraksi Berbantu Gelombang Mikro Pada Oleoresin Kulit Mangga Kuweni Menggunakan Metode Respon Permukaan. *Agrointek*, 15(4), 1084–1098. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i4.10175>
- Kirk-Othmer. (1965). *Encyclopedia of Chemical Technology Volume 10* (Watcher (ed.); 1st ed., p. 496). Interscience Encyclopedia. Inc. Newyork
- Klauffenbach, P., & Kronenfeld, D. (1997). Analysis of Impurities of Isopropyl Myristate by Gas-Liquid Chromatography. *Journal of Chromatography A*, 767(1), 330–334. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(96\)01069-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0021-9673(96)01069-2)
- Kumar, A. A., Karthick, K., & Arumugam, K. P. (2011). Properties of Biodegradable Polymers and Degradation for Sustainable Development. *International Journal of Chemical*

- Engineering and Applications*, 2(3), 164–167. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2011.v2.95>
- Linstrom, P., & Mallard, W. (2001). The NIST Chemistry WebBook: A Chemical Data Resource on the Internet. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 46. <https://www.nist.gov/publications/nist-chemistry-webbook-chemical-data-resource-internet>
- Mariana, W., Widjanarko, S. B., & Widyastuti, E. (2017). Optimasi Formulasi dan Karakterisasi Fisikokimia dalam Pembuatan Daging Restrukturisasi Menggunakan Response Surface Methodology (Konsentrasi Jamur Tiram Serta Gel Porang dan Karagenan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(4), 83–91. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/567>
- Masoud, M. R., & El-Hadidy, E. M. (2017). Mango, Orange and Mandarin Peels Oleoresins to Prepare Natural and Healthy Instant Flavor Drinks. *Suez Canal University Journal of Food Sciences*, 4(1), 11–18. <https://doi.org/10.21608/scuj.2017.6653>
- Montgomery, D. C. (2001). Design-and-Analysis-of-Experiments. 5th-Edition. John Wiley & Sons, Inc. Newyork
- Pracaya. (1991). Bertanam Mangga. *Penebar Swadaya Grup*. Jakarta
- Rahmani, A. R. (2019). Pengaruh Rasio Bahan dengan Pelarut Terhadap Mutu Minyak Atsiri Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) Menggunakan Metode Ultrasound-Assisted Extraction (UAE).h <https://repository.unpad.ac.id/handle/kandaga/240110130021>
- Simbolon, R. (2012). Pengaruh Perbedaan Jumlah Imbangan Pelarut dengan Adsorben terhadap Rendemen dan Mutu Hasil Ekstraksi Minyak Bunga Kamboja (*Plumeria obtusa*) dengan Metode Enfleurasi, *Universitas Padjadjaran*. <https://repository.unpad.ac.id/handle/kandaga/240110080040>
- Solís-Solís, H. M., Calderón-Santoyo, M., Schorr-Galindo, S., Luna-Solano, G., & Ragazzo-Sánchez, J. A. (2007). Characterization of Aroma Potential of Apricot Varieties Using Different Extraction Techniques. *Food Chemistry*, 105(2), 829–837. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.061>.
- Sudarmadji, S. (2007). Analisa bahan makanan dan pertanian. Liberty Yogyakarta bekerja sama dengan Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada.
- Suslick, K. S. (1994). The chemistry of ultrasound. From The Yearbook of Science and the Future. In *Encyclopaedia Britannica* (pp. 138–155). Chicago.
- Wonorahardjo, S. (2016). Metode-Metode Pemisahan Kimia *Sebuah Pengantar* (Indeks). Jakarta
- Yu, X., Zhao, M., Liu, F., Zeng, S., & Hu, J. (2013). Identification of 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one as a Strong Antioxidant in Glucose–Histidine Maillard Reaction Products. *Food Research International*, 51(1), 397–403. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2012.12.044>